

定電力制御した男性型サーマルマネキンを用いた 襟元形状の違いが胸部表面温度に与える影響の把握

宮本征一 1) 高橋優子 2)

1) 摂南大学 理工学部 住環境デザイン学科 2) 摂南大学大学院 工学研究科 社会開発工学専攻

The influence that the difference of collar shape gives to the surface temperature of chest with the use of the thermal mannequin of the constant power control

Seiichi MIYAMOTO 1) and yuko TAKAHASHI 2)

1) Department of Living and Environmental Design, Faculty of Science and Engineering, Setsunan University

2) Division of Social Development Engineering, Graduate School of Engineering, Setsunan University

Abstract: The surface temperature of each part measured by young male subjects was input into the thermal mannequin of the constant temperature control. And the calorific value of each part was measured to maintain this surface temperature. And this calorific value of each part measured by the thermal mannequin was input into the thermal mannequin of the constant power control. The clothing conditions were the following conditions. Condition N : The necktie was put on. Condition C : Neck is closed without the necktie. Condition O : Open-neck. The distribution of the surface temperature of chest was measured using T type thermocouple. The distribution of the surface temperature of clothing was measured using the thermo camera. As a result, the mean surface temperature of chest in Condition O was lower 0.3 - 0.5 degrees Celsius than that in Condition N. In the neck, the surface temperature in Condition C was lower approximately 1 degree Celsius than that in Condition N, and that in Condition O was lower approximately 2-3 degree Celsius than that in Condition N. In 10 - 20 cm lower part from the neck, that in Condition C is lower than that in Condition O. In 20 - 30 cm lower part from the neck, that in Condition C and O were lower approximately 1.0 - 1.5 degree Celsius than that in Condition N. From the neck to the chest, the surface temperature of clothing in Condition O is lower than that in Condition N.

Key Words: thermal mannequin, thermal insulation of cloth, surface temperature, collar shape

要旨 : 男性型のサーマルマネキンに、青年男性被験者から得られた各部位の表面温度を入力して、定温制御を行い、各部位の発熱量を測定した。得られた各部位の発熱量を入力して、定電力制御を行い、ネクタイをしているN条件、ネクタイ無しで襟元を閉めているC条件と襟元が開いているO条件という着衣条件で曝露した。そして、T型熱電対を用いて胸部の表面温度の分布を、サーモカメラを用いて着衣の表面温度の分布を測定した。その結果、胸部の平均表面温度は、N条件からO条件にすると0.3℃～0.5℃低下した。首元から胸部下方への胸部の表面温度は、首元では、N条件よりC条件は約1.0℃、O条件は約2.0～3.0℃低下した。首元から下方10cm～20cmでは、O条件よりC条件のほうが低下した。首元から下方20cm～30cmでは、C条件とO条件ともにN条件より約1℃～1.5℃低下した。着衣の表面温度は、N条件からO条件にすると襟元から胸部にかけて低下がみられた。

キーワード : サーマルマネキン 着衣熱抵抗 表面温度 襟元形状

1. はじめに

温熱的快適感に影響を与える要素は、環境側4要素（気温、湿度、気流、熱放射）と人体側2要素（代謝量、着衣量）であり、空間の用途から人体側2要素を想定して、空気調和設備により環境側4要素を温熱的

快適感が得られるように制御されてきた。近年では、低炭素社会を目差すために温熱的快適感を保持しながらエネルギー消費を抑えることが注目され、スポット空調やタスクアンビエント空調など人体近傍の環境側4要素を効率よく制御するシステムが考えられてきた。

人体側の要素である代謝量は行動と密に関係し、代謝量を任意の値とすることは行動を制約することとなる。しかし、寒いと着る、暑いと脱ぐという着衣調節は能動的に行われており、着衣に制約がない限り、着衣量は快適な温熱環境を実現するために任意に調節することができる要素であると考えられる。

衣服領域での研究では、古くからサーマルマネキンを用いて、三平ら(1978)が着衣量を算出しており、最近では、成人だけでなく幼児の体型のサーマルマネキンや発汗するマネキンなどが田村ら(2001)により開発され着衣熱抵抗が測定されている。

本研究では、襟元形状が青年男性の温冷感に与える影響(宮本 2010)を把握するために、青年男性の皮膚温分布を模すように定発熱制御した男性型サーマルマネキンを用いて、襟元形状の違いが胸部表面温度に与える影響を把握すること目的に実験を行い、胸部の表面温度と胸部の着衣表面温度分布を把握した。

2. 実験方法

2.1 実験場所および測定機器

2009年11月～12月に、恒温恒湿室(Espec製:2.0m×3.0m×2.1m)内で実験を行った。室温とほぼ等しくなるように恒温恒湿室内の周囲はカーテンで蔽い、床にはタイルカーペットを敷いた。恒温恒湿室中央に木製椅子を設置し、サーマルマネキンを椅座姿勢で座らせた。恒温恒湿室内のFL.600mmに、アスマン通風乾湿計とグローブ温度計を設置し、室温、湿度とグローブ温度を10秒間隔で測定した。0.2mmT型熱電対を用いて、FL.600mmのカーテンの表面温度、床と天井の表面温度、および、FL.100mm・600mm・1100mmの室温を10秒間隔で測定した。データはデータロガ(江藤製:THERMDAC EF)を用いて収集した。

図1に示される男性型サーマルマネキン(京都電子製:THM-117S)を用いた。日本人男性の体型(身長:1745mm、胸囲:920mm、胸囲:780mm、腰囲:940mm)を模している。表面加熱用ヒータにより、表面温度を制御し発熱量を測定する定温制御、または、発熱量を制御し表面温度を測定する定電力制御ができる。部位の分割は、頭部、胸部前・後、腰部前・後と左右の上腕部、前腕部、手先部、大腿部、下腿部、足先部の17部位を30秒間隔で測定した。

サーマルマネキン胸部の表面温度分布を把握するために、0.2mmT型熱電対とデータロガ(江藤製:THERMDAC EF)を用いて、正中線に沿ったサーマルマネキンの首元から0mm・50mm・100mm・150mm・200mm・250mm・300mmの7点での表面温度を測定した。また、サーモカメラ(NEC 三栄製:TH9260)を用いて、胸部の着衣表面温度の分布を測定した。

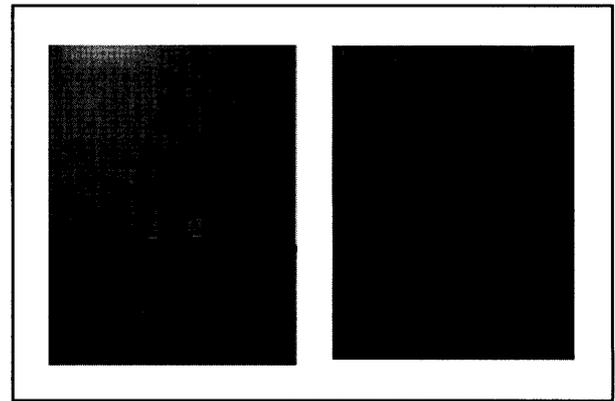


図1 男性型サーマルマネキン(椅座姿勢)と胸部の表面温度の測定のための熱電対

表1 着衣アイテムの重量と素材

着衣アイテム	重量 g	素材
スラックス	306.7	毛 55%, ポリエステル 45%
長袖カッターシャツ	241.9	綿 100%
シャツ(下着)	122.2	綿 100%
パンツ(下着)	78.2	綿 100%
靴下	53.7	綿 100%
ネクタイ	49.5	綿 100%

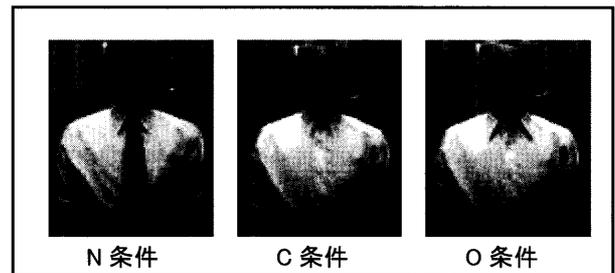


図2 各着衣条件(N条件:ネクタイ有、C条件:ネクタイ無・閉、O条件:ネクタイ無・開)の胸部の状態

2.2 曝露条件

恒温恒湿室内を湿度50%一定で、室温25℃、27℃、29℃となるように制御した。周囲表面温度は室温とほぼ等しく(+0.2℃以内)、気流は0.15m/s以下であったことを確認した。

着衣はサーマルマネキンの体形に合った衣服を着用させた。衣服はスーツのスラックス、長袖カッターシャツ、下着(シャツ、パンツ)、靴下とネクタイとした。衣服の重量は電磁式ばかり(A&D製:GX-3000)を用いて測定した。表1に衣服の重量と素材を示す。図2に示すように着衣条件は、ネクタイをしている「N条件」、ネクタイ無しで襟元を閉めている「C条件」、ネクタイ無しで襟元が開いている「O条件」とした。

2.3 サーマルマネキンの制御

サーマルマネキンを定温制御するために、夏季の温熱環境下で青年男性を曝露したときの皮膚温を測定した研究(宮本 2008)の被験者105名の測定値を用いて、サーマルマネキンの各部位の表面温度を設定すること

とした。表 2 に、この研究で測定された青年男性被験者の各部位の表面温度を示す。皮膚温は DuBois の 7 点法で測定されているため、胸部前・後と腰部前・後は腹部のデータを、上腕部と前腕部は前腕部のデータを用いることとした。

椅座姿勢の N 条件のサーマルマネキンに、表 2 の値を設定して定温制御を行い、その表面温度を保持するために必要な各部位の発熱量を測定することとした。

襟元形状が異なる N 条件、C 条件、O 条件のサーマルマネキンに、定温制御で測定された各部位の発熱量を設定して定電力制御を行い、各着衣条件における各部位の表面温度と胸部の表面温度の分布および着衣の表面温度の分布を測定することとした。

3. 結果および考察

N 条件のサーマルマネキンを表 2 の表面温度となるように定温制御したところ、制御開始 4~5 時間後に各部位の表面温度および発熱量が定常状態とみなせる状態となり、設定温度±0.1℃以内で制御することができた。図 3 に定常状態とみなせる状態で測定された各部位の発熱量を示す。

発熱量は、室温と表面温度との差に比例するため、曝露される室温が低いほど多くの発熱量が必要となる。本研究の手先部と足先部においては、29℃の発熱量は小さな値となったが、27℃と 25℃ではほぼ等しい発熱量となった。このことは、サーマルマネキンの制御に用いた青年男性の末梢部の皮膚温は、25℃では体温調節機序により人体から環境への放熱量が抑制されたデータであったと示唆される。

測定された各部位の発熱量を入力し、N 条件のサーマルマネキンを定電力制御したところ、制御開始 6~7 時間後に各部位の発熱量および表面温度が定常状態とみなせる状態となり、設定発熱量±0.3W/m²以内で制御することができた。図 4 に定常状態とみなせる状態で測定された各部位の表面温度を示す。

曝露時の室温は設定温度±0.2℃以内に保たれており、定温制御の設定温度±0.1℃の誤差と定電力制御の設定発熱量±0.3W/m²の誤差が加算されたため、制御目標である青年男性被験者の各部位の皮膚温と比べて、最大で±0.3℃の差がみられた。同様な温熱環境下における青年男性の皮膚温の個人差より誤差は小さいため、この誤差は問題ない温度範囲内であると考えられる。そのため、図 4 に示される各部位の表面温度の値を、基準となる N 条件における各部位の表面温度とすることとした。

次に、環境条件やサーマルマネキンの制御を変更せず（定電力制御のまま）、C 条件と O 条件で測定したところ、室温は 0.2℃以内で制御でき、サーマルマネキ

表 2 青年男性被験者の各部位の表面温度

	額部	腹部	前腕部	手背部	大腿部	下腿部	足背部
25℃	35.0	34.6	33.2	33.4	33.2	31.9	33.3
27℃	35.6	35.2	34.4	34.8	34.0	33.0	35.0
29℃	35.7	35.1	34.9	34.9	34.1	33.7	35.2

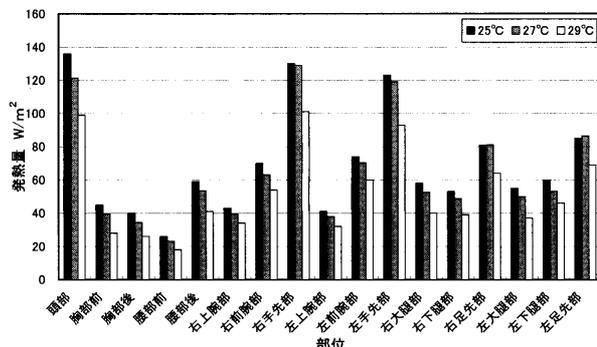


図 3 定温制御で測定された各部位の発熱量

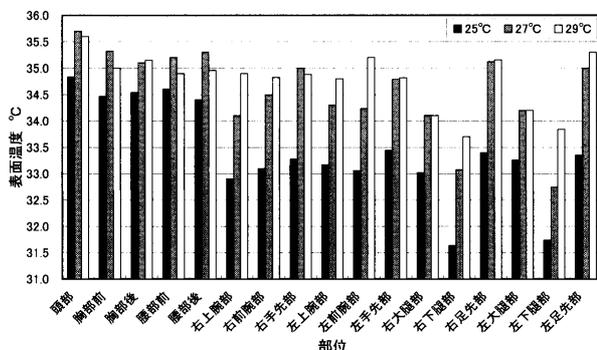


図 4 定温制御で測定された各部位の表面温度

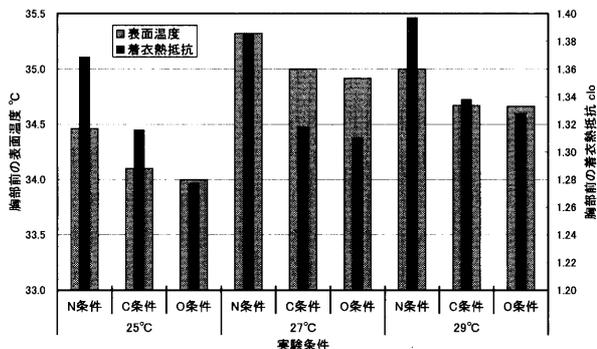


図 5 胸部前の表面温度と着衣熱抵抗

ンの発熱量は全ての部位において、N 条件で測定された発熱量と全く等しい発熱量で制御することができた。室温の誤差がサーマルマネキンの表面温度に影響を与えると考えられるため、発熱量と室温と表面温度との差から着衣熱抵抗 I_{total} を算出した。図 5 に、室温 25℃、27℃、29℃において定電力制御したサーマルマネキンを、着衣 3 条件で曝露したときの胸部前の表面温度と着衣熱抵抗を示す。

表面温度は、室温 25℃で 0.5℃、室温 27℃で 0.4℃、室温 29℃で 0.3℃の差がみられた。着衣熱抵抗は、室

温 25°Cで 0.09clo、室温 27°Cで 0.08clo、室温 29°Cで 0.07clo の差がみられた。N 条件の表面温度と着衣熱抵抗は C 条件や O 条件より高い値となったが、C 条件と O 条件との差はあまりみられなかった。

図 6 に、襟元形状の影響を受けやすい首元から胸部への正中線に沿って測定された、N 条件を基準としたときの胸部の表面温度の低下の分布を示す。

室温によって、表面温度の低下に多少の差はみられるものの同様な分布がみられた。ネクタイ無しで襟元を閉めている C 条件では、ネクタイ生地がなくなる首元において約 1.0°C 低下し、首元から下方 10cm において 1.3°C~1.9°C 低下した。襟元のボタンを 1 つ外した O 条件では、カッターシャツの生地で覆われなくなった首元において 2.0°C~3.0°C 低下した。首元から下方 5cm~20cm において C 条件より温度低下が小さくなった。これは、着衣と人体との隙間形状の変化により着衣内の空気の流れが阻害され、着衣外への放熱量が小さくなったためと推察される。首元から下方 20cm~30cm において襟元形状の影響を受けることなく C 条件と同程度の低下であった。

図 7 に、N 条件を基準としたときの胸部の着衣熱抵抗の低下の分布を示す。

明示的なことではあるが、胸部の表面温度の低下の分布と同様な分布であり、表面温度の分布は、局所の着衣熱抵抗の差異により形成されたと考えられる。

図 8 に、サーモカメラにより測定された各着衣条件における胸部の着衣の表面温度の分布を示す。

N 条件では、サーマルマネキンの発熱により着衣内の空気が暖められるが、首周囲の開口が小さいため熱がこもり、胸部の着衣表面温度が上昇したと考えられる。C 条件では、ネクタイ生地分の着衣熱抵抗が減少するため、胸部上部の表面温度は低下し、O 条件では、開襟としたため一段と表面温度は低下した。

4. おわりに

本研究では、青年男性の皮膚温分布を模すように定発熱制御した男性型サーマルマネキンを用いて、襟元形状の違いがサーマルマネキンの胸部の表面温度と胸部の着衣表面温度分布を測定した。

その結果、ネクタイの有無や襟元の開閉による襟元形状の違いにより、サーマルマネキンの胸部の表面温度に多少の違いがみられた。襟元から胸部への正中線に沿って測定された胸部の表面温度分布は、ネクタイ生地の着衣熱抵抗の影響や襟元形状の違いの影響を受けて、ネクタイを外すと 1°C 以上低下し、襟元の開閉により首元の表面温度は大きく異なった。また、サーモカメラにより測定された着衣の表面温度の分布にも、ネクタイの有無や襟元の開閉による襟元形状の違いによる差がみられた。

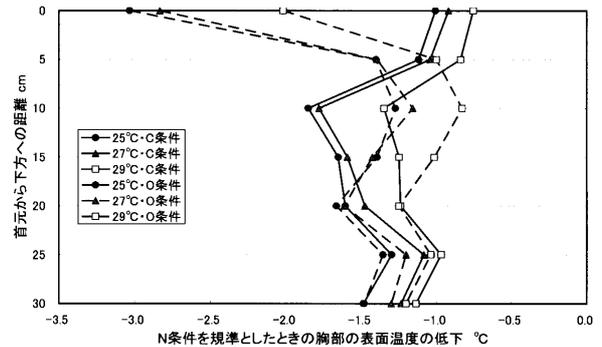


図 6 N 条件を基準としたときの胸部の表面温度の低下

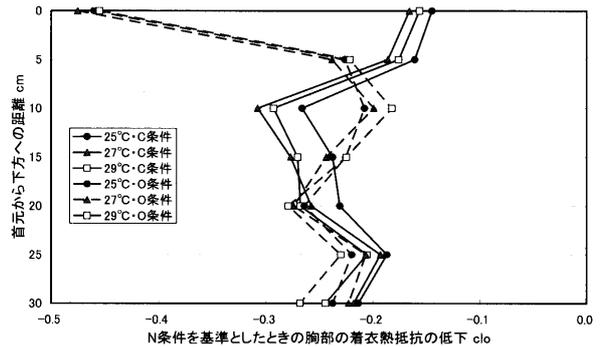


図 7 N 条件を基準としたときの胸部の着衣熱抵抗の低下

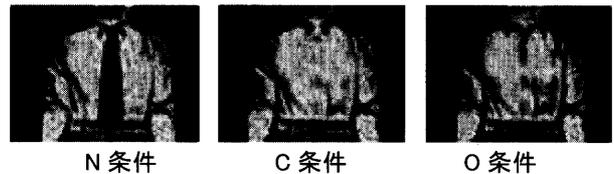


図 8 各着衣条件における胸部の着衣の表面温度の分布

5. 文献

- In-Hyeng Kang and Teruko Tamura (2001) : Evaluation of Dry and Evaporative Heat Resistance in Experimental Garments using an Infant-sized Movable Sweating Thermal Manikin, *Journal of Human-Environmental System*, 5-1, pp.25-32
- 三平和雄、多屋秀人 (1978) : サーマルマネキンによる着衣の熱抵抗の測定、*空気調和・衛生工学会論文集 No.6* pp.1-25
- 宮本征一 (2008) : オフィス空間におけるスーツ着用時の温熱的快適域に関する研究 その 2 夏季の中程度高温環境下における温冷感の男女の差異について、*日本建築学会環境系論文集*、第 628 号、pp.715-720
- 宮本征一、高橋優子 (2010) : 青年男性の襟元形状の違いが温熱的快適感や温冷感に与える影響、*日本建築学会大会梗概集、環境工学 II*、pp.585-586

<連絡先>

著者名：宮本征一
住 所：大阪府寝屋川市池田中町 17-8
所 属：摂南大学理工学部住環境デザイン学科
E-mail アドレス：miyamoto@led.setsunan.ac.jp